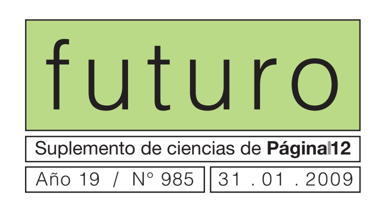


2009: Año Internacional de la Astronomía

ASTRONOMIA: ¿MARTE *NOT DEAD*?

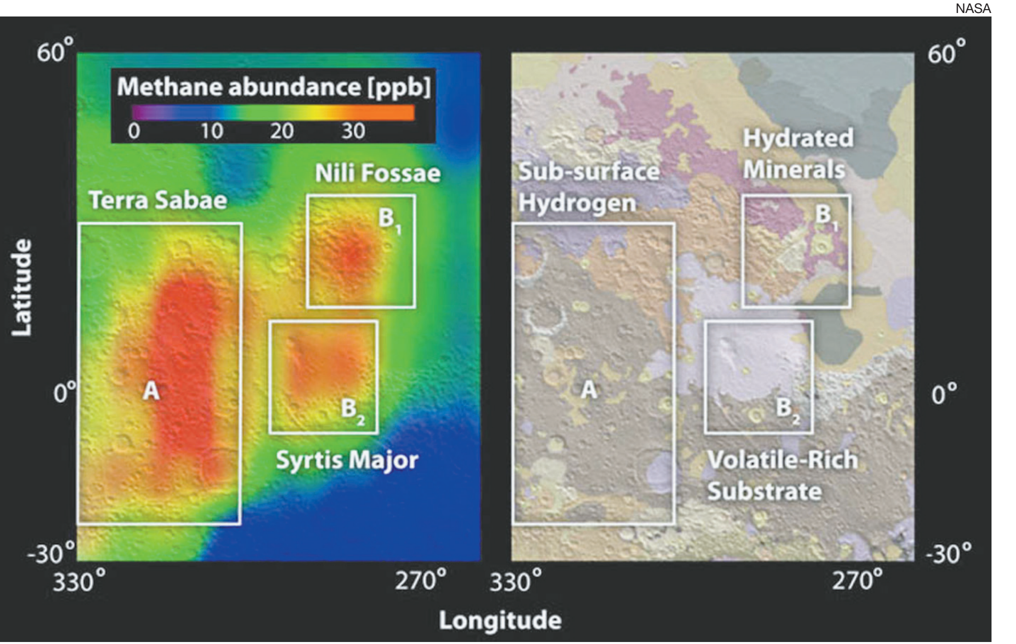
Tras la huella del metano

Algo está pasando en Marte y todos los científicos del mundo apuntan sus potentes telescopios hacia el planeta rojo para saber de qué se trata. En el Año Internacional de la Astronomía, **Futuro** se anticipa a los festejos para hablar de la presencia de metano –posible biomarcador– en la atmósfera marciana.

Tras la huella...

POR MARIANO RIBAS

NASA



DETALLE DE LAS TRES ZONAS DE METANO EN MARTE.

NASA

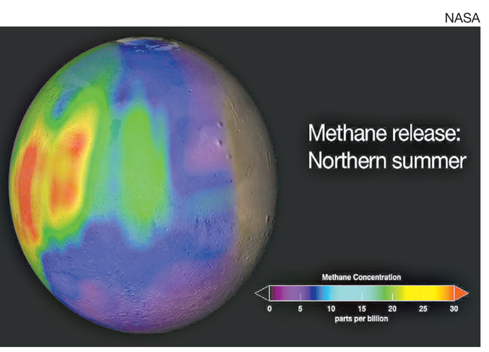


GRAFICO QUE MUESTRA LA CONCENTRACION DE METANO EN LA ATMOSFERA DE MARTE.

Suspiros de metano, tan patentes como localizados: muy a su modo, Marte nos está dando algunas señales. Algo está pasando por debajo de sus gélidos y oxidados suelos anaranjados; un proceso subterráneo está fabricando metano a un ritmo moderado pero sostenido. Y ese gas, luego, parece filtrarse por la corteza marciana, hasta llegar a la atmósfera. A decir verdad, la existencia de parches de metano en la atmósfera de Marte fue detectada hace algunos años. Sin embargo, esas primeras observaciones fueron un tanto crudas e incompletas. Ahora, un grupo de científicos de la NASA (con la colaboración de investigadores de una universidad estadounidense) acaba de presentar datos precisos y contundentes: el metano está y se concentra claramente sobre tres regiones del planeta rojo. Regiones que, además, esconden mantos de hielo por debajo de la superficie. Y probablemente, de agua líquida. El anuncio pegó fuerte en la comunidad astronómica y en todos los medios especializados. Pero ¿por qué tanto revuelo con este sencillo hidrocarburo?

La respuesta está en su origen: el metano marciano sólo podría formarse a partir de procesos geológicos o biológicos. Y si bien todavía es demasiado temprano para confirmar una u otra hipótesis (o tal vez ambas), con prudencia, y silbando bajito, no sería nada descabellado ponerles algunas fichas a los marcianos. Microbios, sí, pero marcianos al fin.

MARTE ATACA

Los primeros anuncios verdaderamente confiables sobre la existencia de metano (CH_4) en Marte son muy recientes. Durante 2003 y 2004, las observaciones y análisis espectrales de la luz del planeta realizados con algunos supertelescopios (el Gemini Sur, en el Norte de Chile, y los Keck I y II, en Hawaii) mostraron sutiles "huellas" del gas en la atmósfera marciana. Más importantes aún fueron los aportes de la sonda espacial europea *Mars Express*, que desde entonces está en órbita alrededor del planeta.

Por empezar, el espectrómetro de la nave comprobó que el vapor de agua se distribuye en forma uniforme (aunque escasa) en toda la atmósfera del planeta, a alturas de 10 a 15 kilómetros. Pero curiosamente, también, detectó algunos "parches" de vapor mucho más concentrados, y a menos altura, sobre ciertas zonas ecuatoriales. Y también que en esos mismos lugares, el metano era más abundante que en el resto de la atmósfera. Como si en ambos casos, hubiese una "fuente" subterránea en común.

Otra pieza del rompecabezas vino de la mano de la sonda *Mars Odyssey* (NASA), cuyos instrumentos confirmaban que prácticamente todo el subsuelo marciano era rico en agua congelada. Y aquellos sitios no eran la excepción, sino todo lo contrario. Hielo, vapor de agua, metano, todas las piezas encajan en el puzzle regional. Raro y sugerente, como veremos. Y bien, aquellas primeras detecciones del metano marciano no fueron poca cosa. Sin embargo, eran mediciones gruesas y pedían a gritos hilar más fino, para determinar con precisión cantidades, concentraciones y localizaciones.

"EL EXTRAÑO CASO DEL METANO MARCIANO"

Y ahora, esos datos aparecieron: hace unos días, un grupo de científicos de la NASA, encabezados por el Dr. Michael Mumma (*Goddard Space Flight Center*, en Greenbelt, Maryland), presentó nuevos resultados y mapas de alta resolución que muestran un panorama mucho más claro y detallado sobre el extraño caso del metano marciano. En realidad, se trata fundamentalmente de datos provenientes de observaciones realizadas en 2003, pero que tardaron varios años en procesarse, analizarse y confirmarse.

Mumma y sus colegas trabajaron con dos telescopios de película: el Keck 2 (una mole de 400 toneladas, situada en la cima del volcán Mauna Kea, Hawaii, junto a su "gemelo", el Keck I) y el *Infrared Telescope Facility* (ITF). situado en el mismo lugar. La estrategia fue observar minuciosamente a Marte durante meses y meses, siguiendo su rotación diaria, que dura apenas 40 minutos más que la terrestre, y tomando espectros a modo de "tiras" verticales, Norte a Sur, sobre el planeta.

Como si fuera una "ametralladora telescópica", ambos telescopios, con sus espectrógrafos acoplados, pudieron obtener hasta 50 mediciones espectrales por minuto. Y así, lograr un perfil sumamente detallado de los compuestos químicos que forman la atmósfera de Marte. Más allá del harto conocido predominio del dióxido de carbono (95 por ciento del total de la fina atmósfera marciana), los científicos de la NASA, en colaboración con colegas de la Universidad de Hawaii, detectaron muy claros indicios de metano. Puntualmente, dos "líneas de absorción" muy marcadas en el espectro de Marte, que, justamente, se corresponden con la presencia del hidrocarburo. Y como si fuera poco, hay tres sitios donde el metano está mucho más concentrado que en el resto de la atmósfera marciana.

"Las observaciones previas, especialmente las del *Mars Express*, nos dieron una idea general de las áreas de mayor abundancia de metano en Marte, y se apoyaban en una sola línea espectral", reconoce Sushil Atreya, integrante del equipo de la nave europea. Y agrega: "Estos nuevos datos se apoyan al menos en dos líneas espectrales, y en general nos dan más seguridad sobre la presencia del metano". Estar, está. Pero, al parecer, queda mucha tela por cortar.

TRES ZONAS CALIENTES

Los nuevos mapas que determinan la presencia de metano en Marte han confirmado que el gas varía sus concentraciones de región en región, y de estación en estación. Pero lo más sustancial del trabajo de Mumma y los suyos está en las precisas mediciones e identificaciones de lo que ellos llaman las tres *hot spots* ("zonas calientes"). Están ubicadas apenas al Norte del ecuador de Marte, y son tres nichos de liberación activa y continua de metano: el Este de la región de *Arabia Terra*, el Sudeste de la antigua zona volcánica de *Syrtis Major*–-que, dicho sea de paso, es una de las "manchas" más fácilmente observables con telescopios en el globo marciano–, y la muy llamativa Nili Fossae, una suerte de enorme grieta superficial.

"Estas son primeras evidencias definitivas de la presencia de metano en Marte, y de su distribución", dice Mumma. ¿Y los números? Según el investigador y sus colegas, calcularon que algunas de las grandes "plumas" (nubes de gas exhaladas por el suelo marciano) contenían de 10 a 20 mil toneladas de metano. Y hay algo más que interesante: estas "plumas" se formaron durante la primavera y el verano boreales de Marte. Naturalmente, esto tiene una explicación (que vendrá más adelante).

UN GAS QUE "NO DEBERIA ESTAR"

Pero antes de seguir, a esta altura hay que hacer una obligada acotación: en la atmósfera de Marte ***no debería*** haber metano. O, al menos, no por mucho tiempo. ¿Y entonces? Vamos por partes. Resulta que las moléculas de metano, formadas por cuatro átomos de hidrógeno y uno de carbono, son bastante frágiles, y al poco tiempo de estar expuestas son destruidas por la radiación ultravioleta del Sol. En Marte y en la Tierra. Por lo tanto, este gas no puede tener una larga vida útil en la atmósfera marciana. A lo sumo, unos siglos. Y si a esta altura del partido sigue estando, es porque necesariamente tiene que haber alguna (o algunas) *fuente* que lo reponga continuamente. Una fábrica natural de metano.

"En la atmósfera marciana este gas es rápidamente destruido de distintas formas –dice Mumma– así que nuestro descubrimiento de plumas de metano en el Hemisferio Norte de Marte nos indica que existe algún proceso activo que lo está produciendo y liberando." Algún proceso activo,,,, ¿pero cuál? Hay dos maneras de producir metano: una geológica... y otra biológica.

GEOLOGIA: ¿ROCAS, CO_2 Y AGUA?

Veamos la variante geológica. Obviamente, es la menos espectacular, pero no por eso ni más ni menos probable. El vulcanismo es el proceso más rápido y eficaz para lanzar metano hacia una atmósfera planetaria. Pero a todas luces parece que en Marte no existen volcanes activos desde hace millones y millones de años –el caso más emblemático es el monumental *Olympus Mons*, un volcán de 22 kilómetros de altura, y del tamaño de Uruguay–. Además, los volcanes también lanzan otros gases que no han sido detectados.

Pero en Marte podría haber otro posible y eficaz mecanismo generador de metano: las interacciones y reacciones químicas entre el agua, las rocas subterráneas y el dióxido de carbono (CO_2), facilitadas por el calor interno del planeta. El metano resultante de este juego químico –que podría sostenerse durante cientos o miles de millones de años– se iría abriendo camino lentamente a través de las rocas, las grietas y poros de la superficie, hasta llegar finalmente a mezclarse con la atmósfera marciana.

Quizás esto tenga algo que ver con aquellas "plumas" de metano observadas durante las estaciones "cálidas" de Marte. En esas épocas, los depósitos subterráneos del gas podrían aflorar con facilidad al derretirse el **permafrost** marciano (una mezcla de tierra, roca y hielo) que en épocas frías bloquea las grietas subterráneas. Tal vez ésta sea una de las respuestas del enigma.

BIOLOGIA: ¿BACTERIAS METANOGENAS?

Por otro lado, el metano de Marte bien podría tener un origen biológico. Microorganismos marcianos, sí. No es nada disparatado pensar en ello, dado que, aquí en la Tierra, buena parte del metano proviene del propio metabolismo de muchos organismos vivos digiriendo sus nutrientes. Por eso, el metano es un "marcador" de especial interés para la astrobiología.

De más está decir que nunca se ha detectado vida en la superficie de Marte (ni en ningún otro lugar fuera de la Tierra). Allí las condiciones son absolutamente hostiles para cualquier intento biológico: nada de agua, un frío que da calambre (temperaturas promedio de 60° C bajo cero), y una atmósfera escuálida que no sólo es incapaz de regular la temperatura dentro de valores aceptables, sino que no puede filtrar la radiación solar ultravioleta, que termina pegando de lleno, destruyendo cualquier molécula compleja.

Pero bajo tierra (o bajo Marte), las cosas son muy distintas: a decenas o cientos de metros de profundidad, hay protección contra la luz ultravioleta, calor, hielo y, seguramente, mucha agua líquida. Allí la vida –aunque en formas muy rudimentarias– bien podría tener su lugar y su refugio.

En la Tierra existen organismos capaces de soportar condiciones extremas, y se llaman, justamente, extremófilos. Y entre ellos están las llamadas "bacterias metanógenas", que exhalan metano como resultado de su metabolismo. En Marte, por qué no, podría pasar algo similar. Mumma traza un paralelismo posible: "En nuestro planeta hay microorganismos a 2 o 3 mil metros de profundidad, donde la radiactividad natural rompe las moléculas de agua, liberando hidrógeno que utilizan como fuente de energía". Y subraya: "Quizás, en Marte haya criaturas similares debajo de la capa de permafrost, con agua líquida disponible, y dióxido de carbono que podrían procesar, exhalando metano".

EL SECRETO MEJOR GUARDADO

Cautela. Todavía no hay manera de revelar el misterio de los suspiros de metano del planeta rojo. ¿Geología, biología, o ambas cosas combinadas? Sólo hay opiniones y están repartidas. "No tenemos la suficiente información como para saber si lo que está produciendo el metano de Marte es la biología o la geología", advierte Mumma. Y en el mismo sentido, la NASA (*www.nasa.gov*) ya salió a contrarrestar todo tipo de anuncios espectaculares, como el del diario sensacionalista *The Sun*, que hace poco tituló *Life on Mars*, tergiversando intencionalmente los hallazgos. En una reciente conferencia de prensa, Michael Meyers, líder del Programa de Marte de la Agencia Espacial Europea (*www.esa.int*), dijo categóricamente: "Estos descubrimientos no son evidencia de vida en Marte, sino de procesos activos".

Ante una igualdad de escenarios, aquí preferimos soñar con los marcianos. Al igual que la geóloga Lisa Prat, integrante del equipo de Mumma, quien dice que todo lo observado hasta ahora parece "ligeramente más plausible para la biología, que para la geoquímica". Tal vez la respuesta esté a la vuelta de la esquina. Y pueda venir de la mano de futuras misiones de exploración marciana, como el *Mars Science Laboratory (marsprogram.jpl.nasa.gov/msl)*, un sofisticado vehículo robot que la NASA pondrá en tierras rojas hacia 2011.

Carl Sagan dijo alguna vez que el descubrimiento de vida extraterrestre sería "el más importante de toda la historia de la ciencia". El planeta primo hermano de la Tierra podría esconder algo grande. Pero, por ahora, sólo nos envía guiños de complicidad. Marte, y sólo Marte, sabe por qué suspira su metano.

Jaime Torres actuará en la Serenata a Cafayate.

FEBRERO

AGENDA CULTURAL
02/2009
Programación completa en
www.cultura.gov.ar

Concursos

Concurso nacional de obras de teatro para el Bicentenario
Dirigido a autores teatrales del país.
Hasta el 15 de marzo.
Bases en www.inteatro.gov.ar

Producción discográfica de tango
Hasta el 31 de marzo.
Bases en www.fnartes.gov.ar

Concurso nacional de ensayos teatrales "Alfredo de la Guardia"
Destinado a investigadores del país.
Las obras ganadoras serán publicadas por la Editorial InTeatro.
Hasta el 30 de marzo.
Bases en www.inteatro.gov.ar

Fotografía en la biblioteca
La Biblioteca Nacional convoca a fotógrafos argentinos o extranjeros para seleccionar la programación 2009.
Recepción desde el 2 de febrero hasta el 17 de marzo.
Las bases en www.bn.gov.ar

Exposiciones

Recomienzo del mundo
La imaginación estética en personas con discapacidad.
Además, la muestra "Tú y yo", con pinturas, fotografías y litografías del artista suizo Lucien Rod.
Palacio Nacional de las Artes-Palais de Glace. Posadas 1725. Ciudad de Buenos Aires.

Paredes, pintadas y protestas
Museo del Cabildo. Bolívar 65. Ciudad de Buenos Aires.

Silvio Fischbein. Obras 2001-2009
Palacio Nacional de las Artes-Palais de Glace. Posadas 1725. Ciudad de Buenos Aires.

Ánimas
Una instalación de arte contemporáneo en memoria de los negros esclavos de Alta Gracia.
Museo Casa del Virrey Liniers. Av. Padre Domingo Viera 41 esq. Paseo de la Estancia. Alta Gracia. Córdoba.

Mirando la historia en la colección fotográfica del MNBA
Museo Nacional de Bellas Artes. Av. del Libertador 1473. Ciudad de Buenos Aires.

Una noche en la Casa del General
Visita nocturna al Palacio San José.
Viernes desde las 21.
Museo y Monumento Histórico Nacional "Justo José de Urquiza". Ruta Provincial Nº 39 Kilómetro 128. Concepción del Uruguay. Entre Ríos.

Mirta González: fotografía
Museo Casa de Yrurtia. O'Higgins 2390. Ciudad de Buenos Aires.

Planetapatín
Instalación de Diana Klainer. Sobre una ruta, caminantes, patinadores, una motociclista, un skater, un aviador y un parapentista componen la escena.
Palacio Nacional de las Artes-Palais de Glace. Posadas 1725. Ciudad de Buenos Aires.

La negra y lo negro en América
Visita guiada nocturna. Jueves 12 de febrero desde las 21. Con espectáculos de danza y música afro-americana.
Museo Casa del Virrey Liniers. Av. Padre Domingo Viera 41 esq. Paseo de la Estancia. Alta Gracia. Córdoba.

El último libro
De Luis Camnitzer. Hasta el 30 de marzo.
Biblioteca Nacional. Agüero 2502. Ciudad de Buenos Aires.

Manzana de las Luces 400 años
Gigantografías sobre la evolución histórica del solar en la sala Concejo, y exposición de acuarelas de Lola Frexas. Perú 272. Ciudad de Buenos Aires.

Música

Músicos por el país
Rodolfo Mederos. Jueves 5 de febrero. XII Fiesta Provincial de los Jardines en Villa La Angostura. Neuquén.
María Ofelia. Viernes 6 de febrero. Festival de la Canción Popular en Sumampa. Santiago del Estero.
Antonio Birabent. Viernes 6 de febrero.Festival estival de la Patagonia. San Martín de los Andes. Neuquén.
Claudio Balzarett. Sábado 7 de febrero. Sexto Festival de Doma y Folklore. El Carmen. Jujuy.
Aca Seca. Sábado 7 de febrero. VII edición del Festival Música en la montaña en Bariloche, Río Negro.
La Clave Santiagueña. Domingo 8 de febrero. 7º Edición de la Fiesta Norteña en San Martín de los Andes, Neuquén.
Raúl Barbosa. Domingo 8 de febrero. 34º edición del Festival Nacional del Chamamé en Federal. Entre Ríos.
José Curbelo y Marta Swin. Jueves 12 de febrero. 21º Fiesta del Puestero en Junín de los Andes. Neuquén.
Sanluca Trío. Viernes 13 de febrero. Fiesta Nacional del Viñadoren Villa Unión. La Rioja
Lina Avellaneda. Domingo 15 de febrero. VI Fiesta Provincial de la Lana en Maquinchao. Río Negro
Jaime Torres. Jueves 19 de febrero. Serenata a Cafayate. Salta

Ciclo de cine y música
Todos los jueves de febrero a partir de las 21.30
Museo Jesuítico Nacional de Jesús María. Pedro de Oñate s/n. Jesús María. Córdoba.

Teatro

Don Juan de acá (el primer vivo)
De Los Macocos y Eduardo Fabregat.
Dirección: Julián Howard.
Desde el viernes 6, jueves, viernes y sábado a las 21, y domingos a las 20.30.
Teatro Nacional Cervantes. Libertad 815. Ciudad de Buenos Aires.

Chúmbale
De Oscar Viale.
Adaptación y dirección: Santiago Doria.
Desde el viernes 13, jueves, viernes y sábado a las 21.30, y domingos a las 21.
Teatro Nacional Cervantes. Libertad 815. Ciudad de Buenos Aires.

Cine

Ciclo de documentales
Un recorrido por la diversidad cultural y geográfica de la Argentina a través de la mirada de realizadores independientes.
Jueves a las 19.
Museo Histórico Nacional. Defensa 1600. Ciudad de Buenos Aires.

Verano en colores
Ciclo de cine en el MNBA.
Todos los viernes de febrero a las 18.30.
"El aroma de la papaya verde", de Anh Hung / "El amarillo", de Sergio Mazza / "El violín rojo", de Francois Girard / "Cielo azul, cielo negro", de Paula De Luque y Sabrina Farji.
Auditorio del Museo Nacional de Bellas Artes. Av. del Libertador 1473. Ciudad de Buenos Aires.

Kino Palais. Espacio de artes audiovisuales
Funciones viernes, sábados y domingos a las 18.30
Palacio Nacional de las Artes-Palais de Glace. Posadas 1725. Ciudad de Buenos Aires.

Chicos

Verano en el Palais de Glace
Recorridos por las exposiciones temporarias y taller de expresión artística.
Martes y viernes a las 16, y sábados a las 18.
Visitas para colonias de vacaciones: informes y reservas al 4804 4324.
Posadas 1725. Ciudad de Buenos Aires.

Los chicos hacen historia en el Museo Histórico Nacional
Actividades para niños de entre 5 y 12 años.
La carta de Josefa: domingo 8 a las 16.
¿De dónde vienen las láminas del Billiken?: domingo 22 a las 16.
Defensa 1600. Ciudad de Buenos Aires.

Escuchando cuadros, mirando relatos
"Seis cuentos en busca de su obra". Para niños de entre 3 y 12 años.
Sábados 7 y 21 a las 16.
Museo Nacional de Bellas Artes. Av. del Libertador 1473. Ciudad de Buenos Aires.

Cuéntale... un cuento
"La princesa y el dragón". Un espectáculo de clown con música, canciones y humor.
Domingos a las 19.30.
Manzana de las Luces. Perú 294. Ciudad de Buenos Aires.



LIBROS Y PUBLICACIONES

CIENCIA, DOCENCIA Y TECNOLOGIA
Universidad Nacional de Entre Ríos
Número 36, año XIX, 265 páginas



El año que pasó ha dejado una buena cantidad de propuestas para potenciar la enseñanza de las ciencias en todos los ámbitos junto a un abanico inconmensurable de disciplinas y temáticas, tarea que las universidades nacionales y sus publicaciones han desarrollado, con mayor o menor éxito, durante los últimos 20 años. Y precisamente, la Universidad Nacional de Entre Ríos pareciera ubicarse en esta línea de acción, con la publicación académica *Ciencia, Docencia y Tecnología.*

Un dossier sobre Enseñanza de las Ciencias, integrado por dos artículos sobre didáctica de Ciencias Exactas y Naturales que surge de la producción de trabajos realizados por docentes universitarios sobre sus mismas prácticas, construyen el *corpus* de la revista. Entre los artículos más destacados encontramos "La disyuntiva individual-grupal. Comparación entre dos modelos alternativos de enseñanza en la universidad", de Néstor Roselli; "Cooperativas de trabajo y pequeñas empresas solidarias en la micro región de Paraná", de Oscar Barbosa y Graciela Mingo, entre otros; y "Sistema inteligente para el tratamiento de alarmas en anestesiología", de Bartolomé Drozdowicz.

Con una edición electrónica de acceso libre en (www.revistacdyt.uner.edu.ar), el objetivo de esta publicación queda plasmado en su editorial: "*Ciencia, Docencia y Tecnología* se inscribe en ese proceso orientado a la democratización del acceso al acervo científico-tecnológico, con la convicción de que la posibilidad de llegar a ser productores de ese tipo de conocimientos requiere de objetivos y proyectos claros y una gran persistencia y coherencia en su implementación, porque es trabajo educativo de generaciones".

Sin duda, a poco de celebrarse el Bicentenario de la Revolución de Mayo, este "manifiesto" debe ser considerado más que nunca por los actores del campo científico y académico, pero fundamentalmente, por aquellos que diseñan y proyectan políticas públicas en materia de ciencia y tecnología.

ADRIAN PEREZ

AGENDA CIENTIFICA

CONVOCATORIA ERASMUS MUNDUS PARA ARGENTINA

La Universidad Nacional de Quilmes anuncia que hasta el 13 de marzo se encuentra abierta la convocatoria para enviar propuestas al Programa *Erasmus Mundus Argentina*, iniciativa que forma parte de la cooperación bilateral entre la Comisión Europea y la República Argentina.

El objetivo de este programa es promover y fortalecer la cooperación entre los centros de enseñanza superior, así como también el intercambio entre estudiantes, investigadores y actores del mundo académico de aquellos estados miembro de la Unión Europea y Argentina.

Junto a la convocatoria para nuestro país, también se extiende una invitación subregional para las universidades de Bolivia y Perú. Toda la información sobre esta propuesta de intercambio y la documentación requerida están disponibles en el sitio http://eacea.ec.europa.eu/extcoop/call/index.htm. Para más información, pueden comunicarse por correo electrónico a prensa@unq.edu.ar o por teléfono al 4365-7100 (interno 158).

futuro@pagina12.com.ar

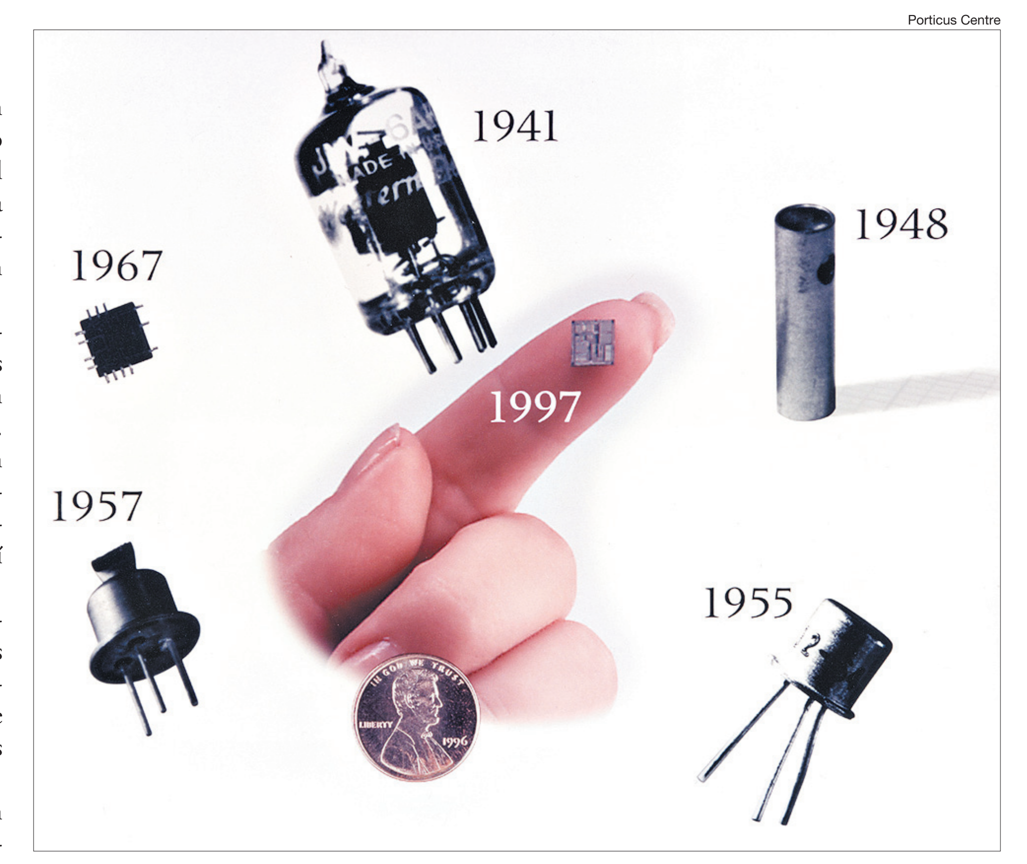
HISTORIA DE LA TECNOLOGIA: A MAS DE 60 AÑOS DE SU CREACION

La Era del Transistor

Desde el desarrollo de las válvulas hasta el advenimiento de la nanotecnología, ríos de ensayo y error han atravesado laboratorios en la búsqueda de la piedra fundamental. Aquí se presentan vida y obra del transistor, ese pequeño dispositivo que llegó para quedarse, transformar el flujo de energía y, con ello, la vida cotidiana.

POR JUAN C. BENAVENTE

Porticus Centre



EVOLUCION DEL TRANSISTOR DESDE SU INVENCION EN BELL LABS EN 1947.

Las proclamas del Imperio Romano solían comenzar con una fórmula que luego hizo suya el Vaticano: *Urbi et orbi*, a la ciudad y al mundo; también apropiada para caracterizar la ubicuidad de una creación humana. Está en todas partes, o en casi todas en donde exista un ingenio electrónico. Es El, el transistor.

Hay quienes afirman que este diminuto artefacto ha cambiado la vida de las personas más que cualquier otra tecnología, y no dudan en situarlo entre los mayores inventos del siglo XX. La lista de aplicaciones de los transistores en sus versiones discretas –individuales– o agrupados en chips llenaría páginas; cuanto aparato imaginen los lectores deambulando por aquí o en el espacio, lo tiene en sus entrañas.

Un transistor es un pequeño dispositivo sólido construido con cristales semiconductores (estado intermedio entre conductores y aislantes eléctricos) usualmente de silicio, a los que se le agregan otras sustancias para alterar sus propiedades eléctricas.

Sin ir más lejos, las computadoras poseen en su "cerebro" sólido millones de transistores alojados en unos pocos centímetros de superficie y en un espesor inferior al milímetro. ¿Cómo fue posible incluir tanto en tan poco? La evolución electrónica fue atrozmente vertiginosa; los reinados duran décadas y la primera reina, relegada, no destituida por completo, fue la válvula.

EN EL PRINCIPIO...

Celosas piezas de nostalgia o marginadas en los suburbios del taller de un técnico, las antiguas radios y televisores valvulares eran pesados y voluminosos muebles que en la intimidad mostraban sus vísceras repletas de curiosas y tenues lámparas. ¿Qué las diferenciaba de las simples bombillas de alumbrado?

Experimentando con lámparas incandescentes, Thomas A. Edison (1847-1931) descubrió en 1883 el efecto termoiónico, el desprendimiento de electrones de un alambre o metal caliente. Sobre esta piedra basal se construyeron, entre 1904 y 1907, las válvulas o lámparas electrónicas, que allanaron el camino a la radio, la TV y el radar, entre otros dispositivos, permitiendo amplificar señales eléctricas (a partir de una fuente de energía, multiplicar los niveles de entrada de tal forma de hacerlos útiles). La adopción de la válvula significó un vuelco fundacional y revolucionario en la técnica.

Frente a los transistores, las válvulas tienen algunas decisivas desventajas: son voluminosas, necesitan un tiempo de calentamiento para funcionar, requieren altos voltajes de trabajo, consumen mayor energía, tienen una vida útil más corta y para los tiempos digitales son lentas. A pesar de ello, se las usa aún en transmisores de radio y TV, radares, microondas, aparatos de rayos X y los músicos de rock las prefieren para sus equipos de guitarra por su "cálido" sonido.

Las primeras computadoras de los años '40 –como Eniac, construida en los EE.UU.– estaban armadas con válvulas y relés (llaves electromecánicas). Eniac ocupaba un recinto de 1000 m3 y poseía unas 18 mil válvulas; presentaba un tiempo medio de una hora entre fallas: todo un dinosaurio electrónico que se extinguió en 1955. No hubo predadores ni catástrofes naturales, pero si el transistor no hubiera aparecido, la selección artificial hasta la era digital no hubiera ocurrido en los tiempos y modalidades en los que se dio.

DE SOLIDOS Y CUANTICOS

El físico alemán Julius E. Lilienfield propuso en 1926 usar semiconductores para amplificar señales, pero hasta la finalización de la II Guerra Mundial todo quedó en los papeles. Faltaba tecnología y una teoría más sólida sobre los sólidos. Desde el s. XIX se sabía que el contacto entre un alambre y la galena (sulfuro de plomo) permitía la circulación de corriente eléctrica en un único sentido. Años después, la galena se utilizó en primitivos receptores de radio.

La estructura más usual en los sólidos es la cristalina (*crystallos* era el nombre griego para una variedad del cuarzo). En ella los átomos adoptan una disposición espacial regular y geométrica y están constituidos por la repetición de unidades estructurales, al estilo de un rasti o mecano de bloques constructivos idénticos. Esta propiedad ya era conocida por los mineralogistas del s. XVIII cuando descubrieron que los índices numéricos de la dirección de las caras de un cristal son números enteros.

Con las contribuciones de la mecánica cuántica, la física del estado sólido maduró el conocimiento de los mecanismos de movimientos de cargas eléctricas en los cristales. De acuerdo al modelo cuántico de las bandas de energía los electrones se ubican en niveles energéticos discretos y definidos. En los aislantes los "escalones" están más apartados, en los semiconductores están algo más cerca y en los conductores aún más próximos. En esto, se centró la posibilidad de controlar la conductividad "dopando" a los cristales con impurezas (para tranquilidad del lector, insertar átomos de otros elementos).

La unión de cristales de diferente "polaridad" forma un diodo, utilizado para dejar pasar corriente eléctrica en un sentido; con estructuras especiales se obtienen los diodos Laser; todas las lectoras y grabadoras de CD y DVD están basadas en ellos.

El transistor básico tiene una estructura ternaria de materiales dopados. En las computadoras trabaja como llave electrónica; siguiendo los lineamientos básicos del Algebra de Boole, miles de millones de veces por segundo estos microscópicos obreros electrónicos permiten o bloquean el paso de corriente eléctrica, solución tecnológica adecuada para el sistema de numeración binario (en el que toda cantidad se expresa por combinaciones de unos y ceros).

LA ARENA TECNOLOGICA

En la edición del 1º de julio de 1948, *The New York Times* informaba sobre un reciente invento: "Ayer se exhibió en los *Bell Telephone Laboratory* un dispositivo llamado transistor que puede implantarse en los aparatos de radio en sustitución de los tubos de vacío; su aspecto es el de un pequeño cilindro metálico y tiene un tiempo de conexión muy breve, pues no necesita ser precalentado". Retomando la línea teórica de investigación y experimentación con cristales semiconductores, los físicos norteamericanos Wiliam B. Shockley (1910-1989), John Bardeen (1908-1991) y Walter H. Brattain (1902-1987) lograron hacer funcionar el primer transistor hacia finales de 1947. De apariencia tosca, parecía más bien construido por artesanos metalúrgicos que por físicos; nadie hubiera imaginado que eso era el antecedente de los chips actuales. Inestable y sensible a las vibraciones (los contactos estaban dispuestos a presión sobre el material semiconductor) ese engendro funcionó y amplificó señales.

Al transistor de contacto siguió el de juntura, más robusto y confiable, en el que los semiconductores dopados se ensamblan en una estructura básica tipo sandwich. En 1956, Shockley, Bardeen y Brattain recibieron el Premio Nobel por sus trabajos; Bardeen tuvo el raro privilegio de recibir el Premio Nobel de Física por segunda vez en 1972.

Con el tiempo, los transistores se hicieron más diminutos y precisos y comenzaron a desplazar a las venerables válvulas. A mediados de la década del '50 se inició la producción comercial de transistores de silicio, con ventajas sobre el germanio. El silicio abunda en las playas del planeta, si bien requiere un complejo proceso de preparación hasta llegar al transistor.

Buscando reducir costos de producción, el ingeniero Jack Kilby (1923-2005) diseñó en 1958 el primer circuito integrado o chip (montaje de un circuito en una misma cápsula) aumentando significativamente la miniaturización y dando el salto cualitativo que llevaría a las computadoras actuales y a la microelectrónica en general.

Tanto la física como la tecnología, desde entonces, empujaron hasta el abismo atómico a la miniaturización. Así, en los tiempos de las máquinas moleculares, el nanotransistor no asusta a nadie pero sus descendientes, los transistores de un solo átomo, concebidos en largas noches de vigilia y lujuria cuántica, comienzan a ser algo más que un imposible deseo.